

# ソフトウェア定義型ネットワークに基づく 複数接続回線の効果的な併用手法

野沢 達也<sup>†1</sup> 林 優一<sup>†2</sup> 阿部 亨<sup>†1,†3</sup> 菅沼 拓夫<sup>†1,†3</sup>

<sup>†1</sup> 東北大学大学院情報科学研究科 <sup>†2</sup> 東北大学電気通信研究所

<sup>†3</sup> 東北大学サイバーサイエンスセンター

## 1. はじめに

近年、インターネットへのアクセス回線が多様化している。アクセス回線には、光回線や公衆電話網を用いた固定回線や、移動通信システム・Wi-Fiなどを用いた無線回線があるが、特に無線回線の普及により、複数のアクセス回線を一般ユーザが利用可能な通信環境が、ごく一般的になりつつある。こうした複数アクセス回線を効果的に利用することで、利用帯域を増加させたり、セキュリティやユーザのプライバシーを考慮して回線を使い分けるなど、高度なインターネット利用が実現できるが、ユーザ端末またはユーザ管理のインターネット接続機器において、それらの設定を行うためには専門的な知識が必要であり、一般ユーザには負担が大きい。

一方、災害時など通信インフラが不安定な状況下においては、インターネットへのアクセス回線を即効的にかつ効率的に共有したいという要請が高い。しかしながらそのような状況下では、アクセス回線自体の可用性、安定性が著しく低下することに加え、十分なネットワーク機器が用意できなかったり、機器の設定を行える管理者が不在になるなど、アクセス回線の有効利用が困難な状況となる可能性が高い。

本研究では、ローカルエリアネットワーク (LAN) とインターネットの間に複数のインターネットアクセス回線が存在する際の、ユーザ要求を考慮したインターネット接続環境の提供を目指す。具体的には、ネットワーク機器の設定におけるユーザの負担を低減しつつ、複数アクセス回線を効果的に利用する手法の確立に焦点を当て、これらを解決するために、Software Defined Network(SDN)を用いたアクセス回線の制御手法を提案する。

## 2. 関連研究と課題

SDNを用いた制御により回線の効果的制御を実現するための研究例として、フロースケジューリングへの適用 [1] や、携帯型 Android 端末への適用 [2] などがある。

SDNを用いたフロースケジューリング [2] は、端末 (Android) 上における用途、網状態、セキュリティ要求に応じてトラフィックをフロー単位で振り分ける。しかし、アクセス回線が複数存在する場合や、増設・撤去されることへの対

応が不十分である。また、LANに接続される全ての端末にSDN接続装置を搭載させる必要があり、実用性の面で課題がある。

また、複数の有線回線を制御する既存技術としてリンクアグリゲーション (IEEE802.3ad) が存在する。しかし、リンクアグリゲーションは実現のための条件が厳しく、さらにパケットを物理的な回線に振り分ける条件は機器に依存しており、通信の内容に応じた振り分けは考慮されていないため、異なる種類の回線を効果的に制御するには至っていない。

## 3. SDNに基づく制御方式

### 3.1. 提案方式の概要

前章で述べた課題を解決するために、本研究では、SDNを用いた複数のインターネットアクセス回線の効果的制御手法を提案する。本提案手法は (F1) フロー振り分け機能、および (F2) 知識に基づくポリシー制御機能から構成される。

(F1) フロー振り分け機能では、利用可能なアクセス回線の特性に基づき、状況に応じてユーザ要求を充足するフロー単位の振り分けを行う。フロー振り分けの設定は、ネットワーク機器の制御プレーンに対し遠隔からコントロールすることで、機器の利用者に負担をかけることなく実現する。

(F2) 知識に基づくポリシー制御機能では、ネットワーク機器により各アクセス回線の状態を検知し、回線の状態とポリシーから知識ベース (ルールベースシステム) を用いて転送ルールを自動生成する。これにより、ネットワーク構成の制御をポリシーに基づき実現することができ、構成変更に対応する柔軟な制御を実現することを目指す。

### 3.2. OpenFlowを用いた提案方式の実現

SDNを実現する技術として OpenFlow を利用する。OpenFlow は L1(物理層) から L4(トランスポート層) までをプログラムにより一括して制御可能な技術であり、経路計算などを行う OpenFlow コントローラ (OFC) とフレームの転送などを行う OpenFlow スイッチ (OFS) からなる。

OFS は OFC により送られるフローテーブル (フローエントリ) に基づいて動作する。フローテーブルはパケットがヘッダフィールドに記述された条件に一致した場合、アクションに記述されたように処理するためのもので、ヘッダフィールドには最大で 15 種類、アクションには主に 4 種類の処理が存在する。

(F1) フロー振り分け機能においては、仮想的な OFS を LAN 側のゲートウェイの役割を果たす各アクセス回線に接

A Method for Effective Use of Multiple Internet Connections base on Software Defined Network

Tatsuya NOZAWA<sup>†1</sup>, Yuichi HAYASHI<sup>†2</sup>,  
Toru ABE<sup>†1,†3</sup>, Takuo SUGANUMA<sup>†1,†3</sup>,

<sup>†1</sup> Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

<sup>†2</sup> Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

<sup>†3</sup> Cyberscience Center, Tohoku University

続する地点に設置し、OFS から得られるパケットの送信元・送信先の IP・ポート等の情報をもとに、OFC は通信の発信者・種類・優先度を考慮し、利用するアクセス回線を決定するフローテーブルを生成する。OFS はフローテーブルに基づきパケットの転送を制御する。

## 4. 実験

### 4.1. 実験概要

本研究では SDN を用いたフローの振り分けを行うため、特定の状況を想定して実際にフローを振り分ける予備実験を行った。実験環境を図 1 に示す。

アクセス回線として、Wi-Fi 回線 (研究室のネットワークに接続) と WiMAX 回線を準備した。コントローラには OFC のソフトウェア実装である Beacon[3], スイッチには OFS のソフトウェア実装である Open vSwitch[4] を用いた。Beacon は Windows 上で設定・動作させ、Open vSwitch は Windows をホスト OS とした仮想端末として動作している Ubuntu 上で動作させた。

次に実験の概要について述べる。OFS に状況に応じたフローテーブルを入力し、実際にフローが振り分けられるかを確認する。具体的には、(a) アクセス先に応じた振り分け、(b) 発信者に応じた振り分け、(c) プロトコルに応じた振り分けの 3 つの実験を行った。いずれの実験でも原則として Wi-Fi 回線を用いるが、(a) では www.google.co.jp から正引きされる IP のうち 74.125.235.122 へアクセスする場合、(b) では端末 B からインターネットへのアクセス、(c) では HTTP(ポート 80) へのアクセスにそれぞれ WiMAX 回線を用いた。

### 4.2. 実験結果・考察

実験の結果、(a)(b) では traceroute を用いて、(c) ではリモートホストを確認できるサイトを利用することにより、想定どおりのフローの振り分けが実現できていることが確認できた。実験 (a) の結果を図 2 に示す。パケットの経路を確認することで、74.125.235.121 へのアクセスには Wi-Fi 回線を、74.125.235.122 へのアクセスには WiMAX 回線を通過していることが確認できる。これにより、任意のアク

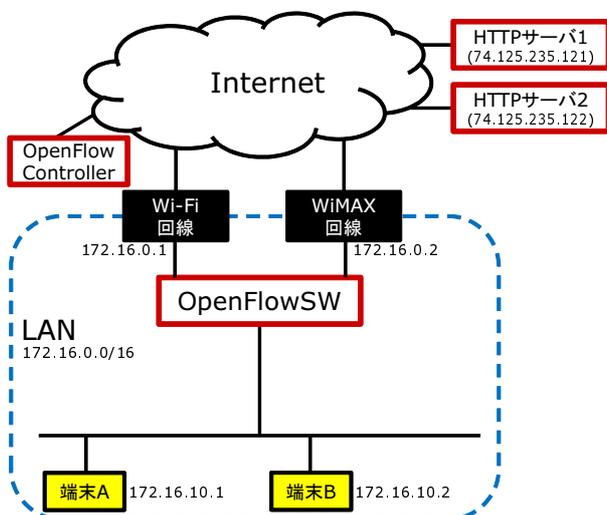


図 1 実験環境の概要

### 端末Aから74.125.235.121へアクセス

```

urasa@nx2urasa1:~$ traceroute 74.125.235.121
traceroute to 74.125.235.121 (74.125.235.121),
30 hops max, 60 byte packets
 1 urasaNAT01WiFi.local (172.16.0.1)
 2 kgw-001.ci.isc.tohoku.ac.jp (130.34.243.1)
 3 192.168.220.97 (192.168.220.97)
 4 192.168.207.197 (192.168.207.197)
 5 202.211.0.254 (202.211.0.254)
 6 sendai-dc-RM-GE-7-1-0-102.sinet.ad.jp (150.99.190.9)
 7 tokyo-dc-rm-ae1-vlan10.s4.sinet.ad.jp (150.99.2.10)
 8 tokyo-dc-gm1-ae0-vlan10.s4.sinet.ad.jp (150.99.2.50)
 9 210.173.176.243 (210.173.176.243)
10 209.85.241.90 (209.85.241.90)
11 209.85.251.39 (209.85.251.39)
12 nrt19s02-in-f25.1e100.net (74.125.235.121)
    
```

### 端末Aから74.125.235.122へアクセス

```

urasa@nx2urasa1:~$ traceroute 74.125.235.122
traceroute to 74.125.235.122 (74.125.235.122),
30 hops max, 60 byte packets
 1 urasaNAT02WiMAX.local (172.16.0.2)
 2 172.17.0.1 (172.17.0.1)
 3 * * *
 4 172.27.68.11 (172.27.68.11)
 5 119.107.206.49 (119.107.206.49)
 6 118.155.201.41 (118.155.201.41)
 7 tamjbb201.kddnet.ad.jp (124.215.195.133)
 8 tm4BBAC01.bb.kddi.ne.jp (111.87.242.190)
 9 otejbb205.int-gw.kddi.ne.jp (118.152.254.249)
10 ix-ote210.int-gw.kddi.ne.jp (59.128.7.210)
11 203.181.102.94 (203.181.102.94)
12 209.85.249.192 (209.85.249.192)
13 209.85.251.39 (209.85.251.39)
14 nrt19s02-in-f26.1e100.net (74.125.235.122)
    
```

図 2 実験結果

セス回線へのフローの振り分けが実現できることが確認された。

## 5. おわりに

本稿では、複数接続回線の効果的な併用手法の実現にむけて、複数のアクセス回線が存在する環境下においてフローの振り分けを SDN により実現する手法を提案し、実験によりその動作を確認した。

今後は (F2) 知識に基づくポリシー制御機能により、SDN の長所を更に生かすことができるような動的設定の実現手法を検討する。さらに提案手法を適用した実ネットワークの設計・実装を行い、性能評価などの実用性評価を進める予定である。

## 参考文献

- [1] 岩見亮太, 中山義彦, 佐藤広和, 永田晃, 鶴正人, “ファイル転送時間短縮のための OpenFlow スイッチを用いたフロースケジューリング”, 電子情報通信学会技術研究報告, 信学技報 111(468), 179-275, 2012-03-08.
- [2] 狩野秀一, 飯星貴裕, 森田弦, 辻聡, “事業者による移動端末制御への OpenFlow の適用”, 電子情報通信学会技術研究報告, 信学技報 111(468), 123-128, 2012-03-08.
- [3] <https://openflow.stanford.edu/display/Beacon/Home>.
- [4] <http://openvswitch.org/>.